

Katarzyna Cyganek, Barbara Katra, Jacek Sieradzki

Katedra i Klinika Chorób Metabolicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

# Porównanie pomiarów tkanki tłuszczowej u otyłych pacjentów z zastosowaniem metody bioimpedancji elektrycznej i densytometrycznej

Comparison of fat mass in obese patients as measured by bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry

## STRESZCZENIE

**WSTĘP.** Aktywność metaboliczna tkanki tłuszczowej prowadzi do wystąpienia cech zespołu metabolicznego, w tym: insulinooporności, zaburzeń gospodarki węglowodanowej, lipidowej, nadkrzepliwości, nadciśnienia tętniczego oraz subklinicznego stanu zapalnego. Celem niniejszej pracy było porównanie metod oceniających ilość tkanki tłuszczowej i określenie ich znaczenia w ocenie tkanki tłuszczowej u otyłych pacjentów.

**MATERIAŁ I METODY.** Analizie poddano dane 70 otyłych chorych, w tym 8 mężczyzn (11,4%) i 62 kobiety (88,6%), zgłaszających się do Poradni Leczenia Otyłości Kliniki Chorób Metabolicznych w latach 2001–2005. Oceniano pomiary antropometryczne oraz tkankę tłuszczową mierzoną za pomocą bioimpedancji elektrycznej aparatem BODYSTAT 1500 i densytometrycznie metodą DEXA densytometrem Lunar DPX. Ponadto analizowano ciśnienie tętnicze i parametry laboratoryjne: lipidogram, gospodarkę węglowodanową — glukozę i insulinę w surowicy na czczo. Do oceny insulinowrażliwości zastosowano metodę HOMA.

**WYNIKI.** Średni wiek badanych wynosił 45,2 roku ( $\pm 13,7$ ), średni BMI  $38,6 \text{ kg/m}^2$  ( $\pm 5,4$ ). W grupie

badanej stwierdzono podwyższone średnie stężenie glukozy na czczo  $5,2 \text{ mmol/l}$  ( $\pm 1,1$ ), a także wysokie stężenie insuliny na czczo  $15,80 \text{ mJm./ml}$  ( $\pm 7,5$ ). Stwierdzono cechy znacznej insulinooporności ocenianej metodą HOMA, która wynosiła  $3,58$  ( $\pm 1,9$ ). Nie wykazano istotnie statystycznie różnicy w ilości tkanki tłuszczowej ocenianej metodą bioimpedancji i densytometrycznie, odpowiednio:  $46,7$  ( $\pm 10,9$ ) vs.  $43,3 \text{ kg}$  ( $\pm 9,1$ );  $p = \text{NS}$ . Nie wykazano różnic dotyczących zawartości procentowej tłuszczu ocenianej za pomocą obu metod, odpowiednio  $46,0\%$  ( $\pm 6,9$ ) vs.  $47,3\%$  ( $\pm 6,6$ );  $p = \text{NS}$ . W badaniu densytometrycznym oceniano także ilość tłuszczu trzewnego stanowiącego  $25,9\%$  ( $\pm 18,0$ ) tkanki tłuszczowej. U badanych stwierdzono podwyższone stężenie cholesterolu całkowitego  $5,3 \text{ mmol/l}$  ( $\pm 1,1$ ), cholesterolu frakcji LDL  $3,2 \text{ mmol/l}$  ( $\pm 0,9$ ) oraz wysokie wartości ciśnienia skurczowego i rozkurczowego, odpowiednio:  $135,5 \text{ mm Hg}$  ( $\pm 15,9$ ) i  $85,6 \text{ mm Hg}$  ( $\pm 9,1$ ). Wykazano dodatnią korelację wskaźnika HOMA z ilością tkanki tłuszczowej oraz obwodem talii.

**WNIOSKI.** Pomiary ilości tkanki tłuszczowej z zastosowaniem technik bioimpedancji i densytometrycznej wykazują porównywalne wielkości. Metoda bioimpedancji, jako tańsza i prostsza w zastosowaniu w codziennej praktyce, może stanowić dobry marker kontroli postępu redukcji masy ciała. Technika densytometryczna umożliwia dokładną ocenę ilości trzewnej tkanki tłuszczowej.

**Słowa kluczowe:** otyłość, tkanka tłuszczowa, bioimpedancja, densytometria

Adres do korespondencji: dr med. Katarzyna Cyganek

Katedra i Klinika Chorób Metabolicznych

Collegium Medicum UJ

ul. Kopernika 15, 31-511 Kraków

tel.: (0 12) 424 83 01

e-mail: [kcyganek@poczta.onet.pl](mailto:kcyganek@poczta.onet.pl)

Diabetologia Praktyczna 2007, tom 8, 12, 473–478

Copyright © 2007 Via Medica

Nadesłano: 03.12.2007 Przyjęto do druku: 19.12.2007

**ABSTRACT**

**INTRODUCTION.** Obesity is becoming increasingly common and is recognized as a major public health problem worldwide. There is growing evidence that obesity, and in particular central adiposity, has an important impact on predisposing metabolic risk factors for coronary heart disease such as hypertension, dyslipidaemia, glucose intolerance and diabetes. The aim of the study is to: 1) estimate total abdominal and abdominal visceral fat in obese patients by using bioelectrical impedance analysis (BIA) and dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) technique; and 2) compare those two measurements of body composition. **MATERIAL AND METHODS.** We performed a prospective study of data from 70 obese patients (8 mens and 62 womens) managed in the Department of Metabolic Disease in Krakow in years 2001–2005. We analysed data: anthropometrical measures, and abdominal fat assessed bioelectrical impedance analysis using BODYSTAT 1500 and DEXA method using a Lunar DPX densitometer. We also analysed blood pressure, lipid profile and fasting blood glucose and insulin level. We assess insulin resistance using HOMA.

**RESULTS.** The mean age of patients were 45.2 ( $\pm 13.7$ ) years old, mean body mass index (BMI) 38.6 ( $\pm 5.4$ ) kg/m<sup>2</sup>. We found elevated a fasting blood glucose level 6.1 ( $\pm 1.1$ ) mmol/l, and a very high fasting insulin level 28.0 ( $\pm 7.5$ ) mIU/ml. The insulinresistance assesses by HOMA was 3.58 ( $\pm 1.9$ ). We did not find statistical differences in body fat percentage assessed by both methods the BIA and DEXA scans, respectively: 46.0 ( $\pm 6.9$ ) vs. 47.3% ( $\pm 6.6$ );  $p = \text{NS}$ . Both measures estimate the same abdominal fat mass, respectively 46.7 ( $\pm 10.9$ ) vs. 43.3 ( $\pm 9.1$ ) kg;  $p = \text{NS}$ . There was no difference related to percentage amount of fat measured by both methods [46.0 ( $\pm 6.9$ ) vs. 47.3% ( $\pm 6.6$ );  $p = \text{NS}$ , respectively]. The amount of visceral fat also was calculated by using DEXA method, which was estimated as a 25.9% ( $\pm 18.0$ ) of total fat tissue. We also found elevated serum total cholesterol level 5.2 ( $\pm 1.1$ ) mmol/l, LDL-cholesterol 3.2 ( $\pm 0.9$ ) mmol/l and high systolic and diastolic blood pressure, respectively 135.5 ( $\pm 15.9$ ) i 85.6 ( $\pm 9.1$ ) mm Hg. HOMA was strongly associated with fat mass and anthropometrical waist circumference.

**CONCLUSIONS.** The present results shows that the BIA and DEXA methods can be useful for assessment of body fat composition. BIA is easier to perform and can be helpful as a marker of reduction of body fat in medical practice. The use of DEXA can estimate abdominal fat and better predict metabolic disturbances in obese patients.

**Key words:** obesity, abdominal fat, bioelectrical impedance analysis, densitometry

**Wstęp**

We współczesnym świecie otyłość występuje coraz częściej, co powoduje, że jest ona istotnym problemem dotyczącym zdrowia publicznego [1, 2]. Otyłość jest złożoną, wieloczynnikową chorobą spowodowaną stylem życia promującym dodatni bilans energetyczny, występującą u osób z genetyczną predyspozycją do otyłości [3]. Dotychczas najprostszym parametrem służącym ocenie rozkładu tkanki tłuszczowej jest powszechnie stosowany pomiar talii. Dokładna ocena procentowej zawartości tkanki tłuszczowej w organizmie może być użytecznym narzędziem w leczeniu otyłości i współistniejących z nią zaburzeń. Techniki pomiaru tkanki tłuszczowej były dotychczas szeroko omawiane, jednak brakuje jednolitych zaleceń określających, kiedy i u kogo oraz jakie techniki stosować. W piśmiennictwie omawia się zalety i wady poszczególnych metod. Najczęściej wykonywanymi technikami pomiaru składu ciała i oceny ilości tkanki tłuszczowej są: ultrasonografia, dwuwiązkowa absorpcjometria promieni rentgenowskich (DEXA, *dual energy X-ray absorptiometry*), dwuwiązkowa absorpcjometria fotonowa, rezonans magnetyczny, techniki z zastosowaniem izotopów, analiza bioimpedancji elektrycznej (BIA, *bioelectrical impedance analysis*) oraz pomiary fałdów skórnych [4, 5]. Obecnie wiele badań epidemiologicznych dostarcza danych o korzyściach wynikających ze stosowania różnych technik oceniających zawartość beztłuszczowej tkanki (FFM, *fat-free mass*) oraz tkanki tłuszczowej (FM, *fat mass*) [6–8]. Technika impedancji bioelektrycznej jest metodą nieinwazyjną, wykorzystującą elektryczne właściwości organizmu i różną oporność poszczególnych tkanek dla prądu elektrycznego. Metoda ta polega na przepływie prądu o małym natężeniu i mierzeniu oporności lub impedancji różnych tkanek. Wykorzystuje się ją do pomiaru objętości, kształtów i właściwości elektrycznych tkanek, a także do oceny całkowitej zawartości wody w ustroju, tłuszczu i innych tkanek [7]. Tkanka beztłuszczowa, dzięki zawartości wody i elektrolitów, jest doskonałym przewodnikiem prądu elektrycznego, z kolei tkanka tłuszczowa zawiera mało wody i słabo przewodzi prąd. Natomiast dwuwiązkowy absorpcjometr promieni rentgenowskich wykorzystuje się w ocenie składu ciała, w tym całkowitej gęstości mineralnej organizmu, beztłuszczowej masy ciała oraz procentowej zawartości tkanki tłuszczowej [8].

Celem niniejszej pracy było porównanie zastosowania dwóch metod oceniających ilość tkanki tłuszczowej: techniki bioimpedancji elektrycznej i densytometrycznej oraz ich znaczenia w ocenie ilości tkanki tłuszczowej u otyłych pacjentów.

## Materiał i metody

Badaną populację stanowili pacjenci z regionu małopolskiego, objęci opieką Przyklinicznego Gabinetu Leczenia Otyłości Kliniki Chorób Metabolicznych w latach 2002–2005. Podczas wstępnej wizyty pacjenci wypełniali standardowy kwestionariusz dotyczący wywiadu chorobowego i aktualnego leczenia. Zadawano im pytania dotyczące: nałogu palenia tytoniu, picia alkoholu, nawyków żywieniowych, aktywności fizycznej oraz wywiadu rodzinnego występowania cukrzycy. Wykonano badania antropometryczne, pomiar ciśnienia tętniczego oraz oceniono ilość tkanki tłuszczowej z zastosowaniem technik BIA i DEXA. Ponadto pobrano krew rano na czczo do analizy, a u osób bez cukrzycy wykonano test doustnego obciążenia 75 g glukozy. Diagnozę cukrzycy typu 2 ustalano, jeżeli chorobę rozpoznano po 35. roku życia i pacjent nie wymagał leczenia insuliną przez co najmniej rok od rozpoznania lub na podstawie glikemii na czczo powyżej 7,0 mmol/l bądź glikemii powyżej 11,1 mmol/l w 2. godzinie doustnego testu obciążenia 75 g glukozy, wykonanego u pacjenta bez stwierdzonych wcześniej zaburzeń gospodarki węglowodanowej [9].

Przebadano 70 chorych, wśród których przeżywały kobiety ( $n = 62$ ). Dokonano u nich pomiarów antropometrycznych: zmierzono wzrost, masę ciała przy użyciu standardowej wagi ze wzrostomierzem. Wskaźnik masy ciała (BMI, *body mass index*) obliczano ze wzoru:  $\text{kg/m}^2$ . Obwód talii mierzono standardowo w połowie odległości pomiędzy brzegiem żeber a grzebieniem kości biodrowej. Obwód bioder mierzono na poziomie krętarzy większych. Ciśnienie tętnicze mierzono w pozycji siedzącej, po wcześniejszym 5-minutowym odpoczynku, na prawym ramieniu, z użyciem manometru rtęciowego ze skalą odczytu na wysokości serca, stosując szeroki mankiety (33 cm). Nadciśnienie zdefiniowano jako obecność ciśnienia tętniczego skurczowego (SBP, *systolic blood pressure*) wyższego lub równego 140 mm Hg, rozkurczowego (DBP, *diastolic blood pressure*) wyższego lub równego 90 mm Hg bądź stosowanie leków hipotensyjnych. W ocenie zawartości tkanki tłuszczowej zastosowano metodę bioimpedancji elektrycznej przy użyciu aparatu BODYSTAT 1500 z wykorzystaniem 4 elektrod kończynowych. Pomiaru dokonywano w pozycji leżącej, elektrody

umieszczano na prawej kończynie górnej, na powierzchni grzbietowej dłoni na linii nadgarstka oraz palców i na prawej kończynie dolnej, na grzbietowej powierzchni stopy na linii kostki i palców. Oceny tkanki tłuszczowej, tkanki kostnej i wody dokonano metodą densytometryczną z zastosowaniem densytometru Lunar DPX. Skanowanie całego ciała odbywa się w pozycji leżącej i ze względu na ograniczenia techniczne można mu poddać tylko chorych o masie ciała nieprzekraczającej 130 kg. Do analizy skanów w celu oceny zawartości tkanki tłuszczowej i beztłuszczowej oraz całkowitej gęstości mineralnej kości (BMD, *bone mineral density*) użyto oprogramowania komputerowego.

Pacjentom pobierano krew do badań laboratoryjnych w pozycji siedzącej, rano, na czczo, po nocnym poście, do probówek z EDTA. Osocze oddzielano za pomocą wirowania 2,000 g przez 10 minut w temperaturze pokojowej. Stężenie cholesterolu całkowitego, triglicerydów oraz stężenie cholesterolu frakcji HDL oznaczono metodą enzymatyczną (Boehringer Mannheim). Stężenie cholesterolu frakcji LDL było wyznaczone ze wzoru Friedewalda. Stężenie HbA<sub>1c</sub> oznaczano wysokociśnieniową chromatografią cieczową (HPLC, *high-performance liquid chromatography*) za pomocą aparatu Variant, BioRad. Stężenie insuliny i peptydu C oceniano przy zastosowaniu metody immunoenzymatycznej (ELISA). Do oceny insulinowrażliwości zastosowano wskaźnik HOMA, obliczany ze wzoru:  $\text{stężenie insuliny na czczo [mjm./ml]} \times \text{stężenie glukozy na czczo [mmol/l]} / 22,5$  [10, 11].

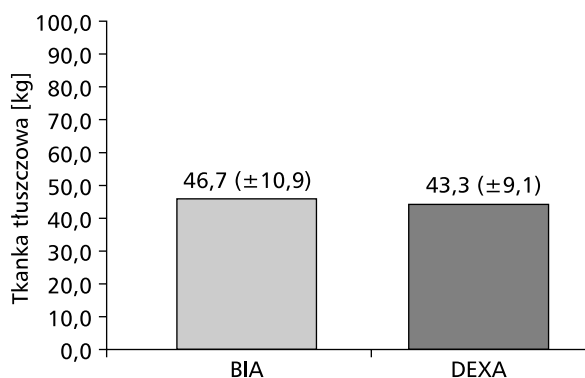
Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu STATISTICA oraz Microsoft Excel. Zastosowano test *t*-Studenta dla grup niezależnych. Obliczono średnie standardowe i odchylenia standardowe. Za poziom istotności przyjęto wartość  $p$  poniżej 0,05.

## Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę badanych chorych. Średni wiek badanych wynosił 45,2 roku ( $\pm 13,7$ ), średni BMI 38,6  $\text{kg/m}^2$  ( $\pm 5,4$ ). W grupie tej stwierdzono podwyższone średnie stężenie glukozy na czczo 5,2 mmol/l ( $\pm 1,1$ ), a także wysokie stężenie insuliny na czczo: 15,8 mjm./ml ( $\pm 7,5$ ). W całej grupie było 6 osób (8,6%) z wcześniej istniejącą cukrzycą, natomiast na podstawie testu OGTT zaburzenia gospodarki węglowodanowej rozpoznano u 13 osób (18,6%). Łącznie u 19 osób (27,2%) stwierdzono patologię dotyczącą przemiany węglowodanów. Ponadto wykazano cechy znacznej insulinoporności ocenianej metodą HOMA (IR-HOMA,

Tabela 1. Charakterystyka pacjentów

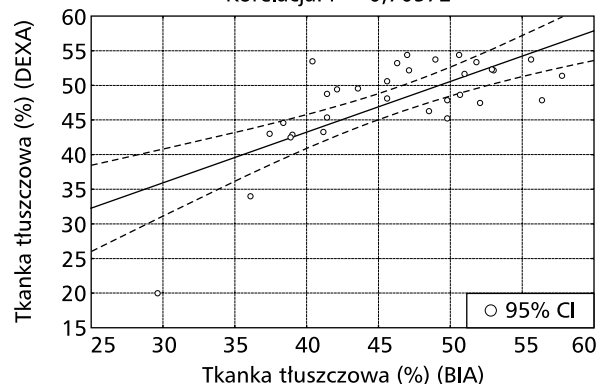
Cecha	Pacjenci (n = 70)
Mężczyźni	8 (11,4%)
Kobiety	62 (88,6%)
Wiek (lata)	45,2 (± 13,7)
Masa ciała [kg]	101,35 (± 14,7)
Wskaźnik masy ciała [kg/m <sup>2</sup> ]	38,59 (± 5,4)
WHR [cm]	0,89 (± 0,1)
Ilość tłuszczu trzewnego (metoda DEXA) (%)	25,9 (± 18,1)
Skurczowe ciśnienie tętnicze [mm Hg]	135,5 (± 15,9)
Rozkurczowe ciśnienie tętnicze [mm Hg]	85,6 (± 9,2)

WHR (*waist to hip ratio*) — wskaźnik talia-biodro

Rycina 1. Ilość tkanki tłuszczowej [kg] oznaczona metodą bioimpedancji bilelektrycznej oraz densytometrycznie

\*Różnica istotnie statystyczna  $p < 0,05$ 

*insulin resistance HOMA*), która wynosiła 3,58 (± 1,9). U badanych stwierdzono podwyższone stężenie cholesterolu całkowitego: 5,7 mmol/l (± 1,1), cholesterolu frakcji LDL 3,2 mmol/l (± 0,9) oraz wysokie wartości SBP i DBP, odpowiednio: 135,5 (± 15,9) i 85,6 mm Hg (± 9,1). Nie wykazano istotnie statystycznie różnicy w zawartości tkanki tłuszczowej ocenianej metodą bioimpedancji i densytometrycznie, odpowiednio: 46,7 kg (± 10,9) vs. 43,3 kg (± 9,1);  $p = \text{NS}$ , (ryc. 1). Nie wykazano różnic dotyczących zawartości procentowej tłuszczu ocenianej za pomocą obu metod, odpowiednio: 46% (± 6,9) vs. 47,3% (± 6,6);  $p = \text{NS}$ . W badaniu densytometrycznym oceniano także ilość tłuszczu trzewnego stanowiącego 25,9% (± 18,0) tkanki tłuszczowej. Wykazano dodatnią korelację wskaźnika HOMA z ilością tkanki tłuszczowej oraz obwodem talii (ryc. 2).

Wykres rozrzutu: tkanka tłuszczowa (%) (BIA) vs. tkanka tłuszczowa (%) (DEXA)  
Tkanka tłuszczowa (%) (DEXA) =  $14,063 + 0,73061$   
Korelacja:  $r = 0,70572$ 

Rycina 2. Korelacja procentowej zawartości tłuszczu mierzonej techniką BIA i DEXA

## Dyskusja

Rezultaty powyższego badania obserwacyjnego wykazały, że metody oceniające skład ciała w badanej populacji pacjentów z otyłością olbrzymią, w tym pomiar procentowej ilości tkanki tłuszczowej z zastosowaniem metod bioimpedancji elektrycznej i densytometrycznej (BIA i DEXA), charakteryzują się porównywalnymi wielkościami i są ściśle skorelowane. Wobec narastającego problemu, jaki stanowi otyłość, ocena składu ciała, zawartości wody i tkanki tłuszczowej jest pomocna w procesie leczenia. Zastosowanie metody bioimpedancji elektrycznej w ocenie procentowej zawartości tłuszczu w organizmie w ostatniej dekadzie stało się powszechne zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i klinicznych, ze względu na stosunkowo dużą łatwość pomiaru oraz dostępność urządzenia. Ze względu na prostotę pomiaru BIA jest metodą bardzo rozpowszechnioną w zastosowaniu codziennym, stanowiąc dobry wskaźnik kontroli postępu redukcji masy ciała. Metoda ta w sposób szybki i nieinwazyjny pozwala na ocenę zawartości tłuszczu w organizmie. U osób z otyłością olbrzymią mogą być utrudnione tradycyjne techniki pomiaru tkanki tłuszczowej, jak obwód pasa czy pomiar fałdów skórnych [12].

Ze względu na prostotę pomiaru oraz nieinwazyjność obie metody BIA i DEXA są powszechnie stosowane w ocenie składu ciała i w analizie trendów prowadzących do rozwoju otyłości w różnych populacjach i grupach wiekowych zarówno u młodzieży [13], jak i osób starszych [14], a także w ocenie zawartości tkanki beztłuszczowej i wody u osób z niewydolnością nerek [15] lub z chorobami przewodu pokarmowego [16]. Badania dostarczają jednak różnych

Tabela 2. Charakterystyka pacjentów — parametry biochemiczne

Parametr	Średnia	Minimalne	Maksymalne	Odchylenie standardowe
Glukoza na czczo [mmol/l]	5,2	3,1	9,7	1,07
Insulina na czczo [mjm./ml]	15,8	5,1	34,6	7,6
HOMA-IR	3,58	1,1	9,6	1,9
Peptyd C [ng/ml]	3,2	0,1	5,7	1,3
Cholesterol całkowity [mmol/l]	5,3	3,2	8,7	1,1
Cholesterol frakcji LDL [mmol/l]	3,2	0,8	5,8	0,9
Cholesterol frakcji HDL [mmol/l]	1,3	0,7	2,5	0,3
Triglicerydy [mmol/l]	2,08	0,7	20,6	2,4

IR-HOMA (*insulin resistance HOMA*) — insulinooporność oceniana metodą HOMA

danych wykazujących lub niewykazujących zgodności pomiarów procentowej zawartości tkanki tłuszczowej z zastosowaniem technik BIA i DEXA. W badaniu włoskiej populacji osób w wieku 20–95 lat wykazano, że technika BIA wykazuje większą procentową zawartość tłuszczu w organizmie, w porównaniu z DEXA [17]. Podobnych danych dostarczyły badania australijskie, w których stwierdzono różnicę w pomiarach wykonanych densytometrycznie i z zastosowaniem bioimpedancji [18]. Z kolei w przekrojowym badaniu składu ciała u amerykańskich dziewcząt w okresie dojrzewania z zastosowaniem technik antropometrycznej (pomiar fałdów skórnych), densytometrycznej (DEXA), bioelektrycznej impedancji (BIA), elektrycznego przewodzenia ciała (TOBEC, *total body electrical conductivity*) oraz technik izotopowych wykazano różnice w składzie ciała, w zależności od metody pomiaru [19]. Podobnie nieznaczne przeszacowanie zawartości tłuszczu w ustroju przy użyciu BIA wykazano w przekrojowym badaniu populacji w wieku 18–70 lat z 5 europejskich ośrodków [20] oraz w badaniu australijskiej populacji [21]. Wyniki tych badań sugerowały, że metoda BIA i densytometryczna (DEXA) nie mogą być jednak stosowane wymiennie.

Jednak mimo istniejących kontrowersji potwierdzono użyteczność obu metod w ocenie zawartości składu ciała. Jak dotąd natomiast nie określono zarówno zakresu wartości referencyjnych, jak również zalecanej metody badawczej. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji wydaje się, że metoda BIA, jako tańsza i prostsza, może być powszechnie stosowana w badaniach populacyjnych, czego dowiedziono w badaniach populacji szwedzkiej [19, 22] oraz badaniu *Third National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES III) [23]. Wymaga ona jednak zakresu wartości referencyjnych procentowej zawartości tłuszczu dla danej populacji.

Z kolei technika densytometryczna umożliwia dokładną ocenę dystrybucji tkanki tłuszczowej trzewnej z jednoczesnym pomiarem procentowej zawartości tkanki tłuszczowej oraz z pomiarem BMD [24]. Jest techniką bardziej precyzyjną, ale także mniej dostępną. Niemniej uzyskane dane ukazujące porównywalność obu metod, BIA i DEXA, w ocenie zawartości tkanki tłuszczowej w populacji otyłych, polskich pacjentów dostarczają kolejnych dowodów potwierdzających użyteczność obu procedur.

## PIŚMIENICTWO

1. Christakis N., Fowler J. The spread of obesity in a large social network over 32 years. *N. Engl. J. Med.* 2007; 357: 371–379.
2. Raport of the WHO consultation: obesity: preventing and managing the global epidemic. *World Health Org. Tech. Rep. Ser.* 2000; 894: 1–253.
3. National Institutes of Health, National Heart, Lung and Blood Institute. Obesity education initiative: clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. The Evidence Report: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, NIH, HHLBI. Bethesda, Md 1998.
4. Fogelholm M., van Marken Lichtenbelt W. Comparison of body composition methods: a literature analysis. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1997; 51: 495–503.
5. Gerard E., Snow R., Kennedy D. i wsp. body fat and regional fat distribution in young women: quantification with MR imaging. *Am. J. Roentgenol.* 1991; 157: 99–104.
6. Fuller N., Sawyer M., Elia M. Comparative evaluation of body composition methods and predictions, and calculations of density and hydration fraction of fat-free mass, in obese women. *Int. J. Obes. Related Metab. Disord.* 1994; 18: 503–512.
7. Wattanapenpaiboon N., Lukito W., Strauss B., Hsu-Hage B., Wahlqvist M., Stroud D. Agreement of skinfold measurement and bioelectrical impedance analysis (BIA) methods with dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) in estimating total body fat in Anglo-Celtic Austrialians. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 1998; 22: 854–860.
8. Ravaglia G., Forti P., Maioli F., Boschi F., Cicognani A., Gasbarrini G. Measurement of body fat in healthy elderly men: a comparison of methods. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 1999; 54: M70–M76.
9. Report of a WHO Consultation: definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. WHO, Geneva 1999.

10. Wallace T., Levy J., Mathews D. Use and abuse of HOMA modeling. *Diabetes Care* 2004; 27: 1487–1495.
11. Bonora E., Targher G., Alberiche M. i wsp. Homeostasis model assessment closely mirrors the glucose clamp technique in the assessment of insulin sensitivity. Studies in subjects with various degrees of glucose tolerance and insulin sensitivity. *Diabetes Care* 2000; 23: 57–62.
12. Dixon C., LoVallo S., Andreacci J., Goss F. The effect of acute fluid consumption on measures of impedance and percent body fat using leg-to-leg bioelectrical impedance analysis. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2006; 60: 142–146.
13. Fors H., Gelerander L., Bjarnason R., Albertsson-Wikland K., Bosaeus I. Body composition, as assessed by bioelectrical impedance spectroscopy and dual-energy X-ray absorptiometry, in a healthy pediatric population. *Acta Paediatr.* 2002; 91: 755–760.
14. Dey D., Bosaeus I., Lissner L., Steen B. Body composition estimated by bioelectrical impedance in the Swedish elderly. Development of population-based prediction equation and reference values of fat-free mass and body fat for 70- and 75-y olds. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2003; 57: 909–916.
15. Flakoll P., Knet P., Neyra R., Lavenghagen D., Chen K., Ikizler T. Bioelectrical impedance vs. air displacement plethysmography and dual-energy X-ray absorptiometry to determine body composition in patients with end-stage renal disease. *J. Parenter. Enteral. Nutr.* 2004; 28: 13–21.
16. Carlsson E., Bosaeus I., Nordgren S. Body composition in patients with short bowel syndrome: an assessment by bioelectric impedance spectroscopy (BIS) and dual-energy absorptiometry (DXA). *Eur. J. Clin. Nutr.* 2004; 58: 853–859.
17. Ravaglia G., Forti P., Maioli F., Boschi F., Cicognani A., Gasbarini G. Measurement of body fat in healthy elderly men: a comparison of methods. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med.* 1999; 54: M70–M76.
18. Pritchard J., Nowson C., Strauss B., Carlson J., Kaymakci B., Wark J. Evaluation of dual energy X-ray absorptiometry as a method of measurement of body fat. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1993; 47: 216–228.
19. Treuth M., Butte N., Wong W., Ellis K. Body composition in prepubertal girls: comparison of six methods. *Int. J. Obes. Relat. Metabol. Disord.* 2001; 25: 1352–1359.
20. Deurenberg P., Andreoli A., Borg P. i wsp. The validity of prediction body fat percentage from body mass index and from impedance in samples of five European populations. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2001; 55: 973–979.
21. Piers L., Soares M., Frandsen S., OcDea K. Indirect estimates of body composition are useful groups but unreliable in individuals. *Int. J. Obes. Relat. Metabol. Disord.* 2000; 24: 1145–1152.
22. Dey D., Bosaeus I. Comparison of bioelectrical impedance prediction equations for fat-free mass in a population-based sample of 75-y olds: the NORA Study. *Nutrition* 2003; 19: 858–864.
23. Chumlea W., Guo S., Kuczmarski R. i wsp. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2002; 26: 1596–1609.
24. Clasey J., Bouchard C., Teates C. i wsp. The use of anthropometric and dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) measures to estimate total abdominal and abdominal visceral fat in men and women. *Obes. Res.* 1999; 7: 256–264.